

Э.К. АЙЛАМАЗЯН,
Н.Н. КОНСТАНТИНОВА,
А.А. ПОЛЯНИН, И.Ю. КОГАН

Санкт-Петербургский государственный
медицинский университет
им. акад. И.П.Павлова,
НИИ акушерства и гинекологии
им. Д.О.Отто РАМН

СОВРЕМЕННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О ВЕНОЗНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ В ФЕТОПЛАЦЕНТАРНОЙ СИСТЕМЕ

Развитие венозной циркуляции в фетоплацентарной системе является одной из наименее известных проблем перинатологии. В работе методом ультразвуковой доплерометрии изучено становление кровотока в вене пуповины, венозном протоке, нижней полой и яремной венах у плода с 8-й по 40-ю неделю нормально развивающейся беременности. Показано, что параметры кровотока в данных сосудах зависят от гестационного возраста плода, условий венозного возврата к сердцу и функционального значения венозного сосуда.

Гемодинамические процессы в функциональной системе мать-плацента-плод являются ведущим фактором, обеспечивающим нормальное течение беременности, рост и развитие плода [1]. При этом исследование маточно-плацентарного и плодово-плацентарного кровообращения является информативным методом оценки его состояния. Однако при осложненном течении беременности параметры только артериального кровотока в фетоплацентарной системе не предоставляют полной информации о гемодинамическом статусе плода. Ряд исследователей полагает, что анализ возврата крови к сердцу плода позволит глубже понять физиологические процессы реагирования сердечно-сосудистой системы на изменение условий внутриутробного существования и предоставит дополнительные критерии его состояния [13].

В настоящее время известно, что кровь из плаценты, обогащенная кислородом и питательными веществами, поступает к плоду по пупочной вене (рис. 1). Продвижению крови по пупочной вене плода способствует артерио-венозная разница в кровяном давлении, колебания давления в артериях пуповины и ряд других факторов. Так, согласно экспериментальным работам *in vitro* Potter A.J. [10], в пупочной вене существует особый внутренний механизм, препятствующий обратному току крови. Предполагается, что определенную роль здесь играют особенности цитоархитектоники слизистой оболочки сосуда. В ряде работ пока-

зано, что эндотелиальные клетки сосудов пуповины продуцируют факторы, существенно меняющие сократимость и реактивность миоцитов этих сосудов. Так, в 97% клеток эндотелия вены пуповины человека выявлен фермент, синтезирующий оксид азота (NOS) [4]. При этом активность NOS в пупочной вене значительно выше, чем в пупочных артериях.

В интраабдоминальном отделе от вены пуповины отходят: порталный синус, венозный проток и ветви, кровоснабжающие ткань печени. Венозный проток - первый из трех физиологических шунтов, функционирующих на этапе внутриутробного кровообращения. Он играет центральную роль в распределении крови, поступающей из плаценты по вене пуповины. Исследования на овцах показали, что в среднем 53% пуповинной крови попадает в венозный проток и нижнюю полую вену плода, минуя печеночную циркуляцию [6]. Остальная часть крови из вены пуповины через воротной синус поступает в воротную вену плода. Венозный проток содержит высокооксигенированную кровь. Так, у плодов овцы доля крови из вены пуповины в венозном протоке составляет около 98 %.

В отличие от овального отверстия и артериального протока, роль венозного протока в плодово-кровообращении остается недостаточно изученной. Он имеет воронкообразную форму: диаметр его перешейка меньше диаметра устья (рис. 2). Подобная форма сосуда сохраняется на протяжении всего внутриутробного

Журнал
акушерства
и женских
болезней



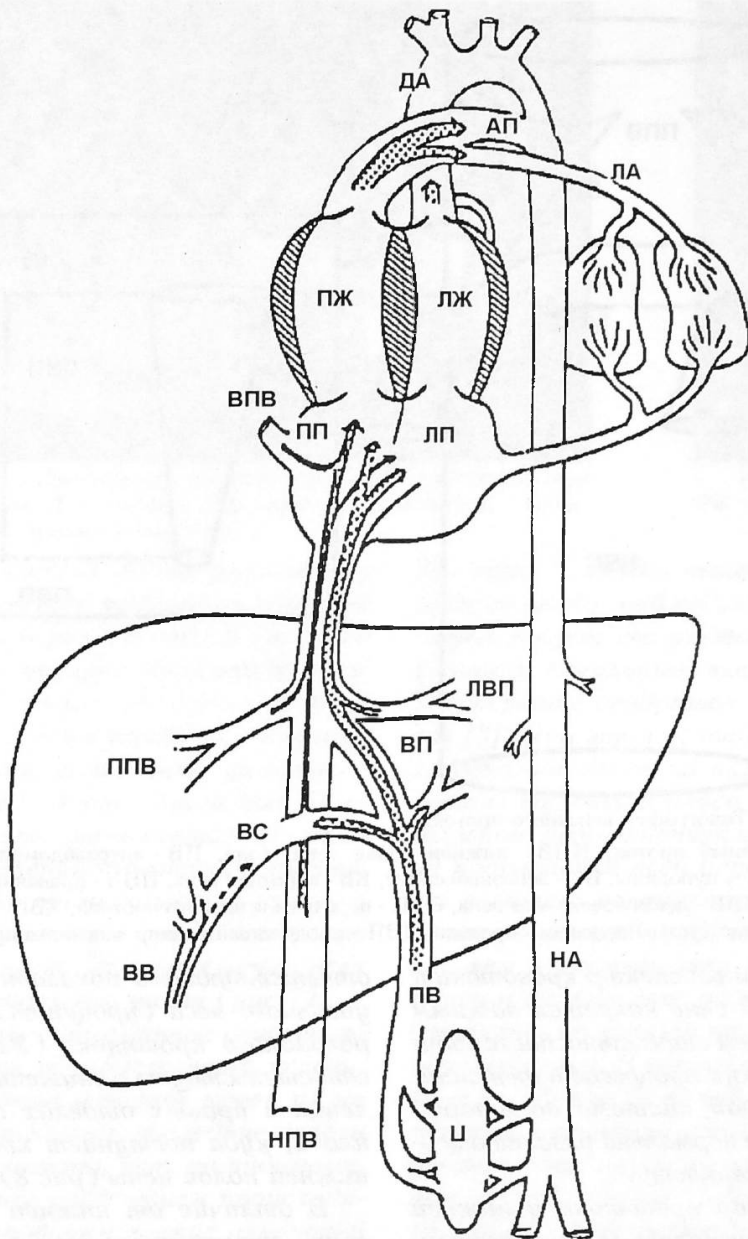


Рис. 1. Схематическое изображение циркуляции крови в фетоплацентарной системе (по Creasy R.K., Resnik R., 1989). ПВ - пупочная вена, В.П. - венозный проток, НПВ - нижняя полая вена, ВПВ - верхняя полая вена, ППВ - правая печеночная вена, ЛПВ - левая печеночная вена, ВВ - воротная вена, ВС - воротный синус, ПП - правое предсердие, ПЖ - правый желудочек, ЛП - левое предсердие, ЛЖ - левый желудочек, ДА - дуга аорты, НА - нисходящий отдел аорты, АП - артериальный проток, ЛА - легочная артерия, П - плацента.

развития [2]. Данные Часко А.В., Reynolds S.K.M. дали основание полагать, что кровоток в венозном протоке регулируется сфинктерным механизмом. Однако до настоящего времени наличие сфинктера в венозном протоке и его роль в распределении крови, поступающей из плаценты, остается неясной. Некоторые авторы считают, что венозный проток, имея эластическое строение, пассивно реагирует на давление в своем просвете,

и его диаметр определяется давлением в пупочной вене у плода [8].

Данные о регуляции кровотока в венозном протоке немногочисленны и противоречивы. Описаны холинергические и адренергические нервы в области перешейка венозного протока. Опытным путем установлено влияние простагландинов на диаметр просвета сосуда [12].

Венозный проток, левая и правая печеночные вены впадают в нижнюю полую вену. Как показана-

ли экспериментальные исследования Rudolph A.M. и сопр., кровь, поступающая в нижнюю полую вену из венозного протока, печеночных вен и из ее абдоминального отдела практически не смешивается [11]. В связи с этим считается, что в нижней полую вену плода существуют два функциональных потока. Так, кровь из венозного протока и левой печеночной вены направляется преимущественно через овальное отверстие в левое предсердие, левый желудочек и восходящий отдел аорты. Тем самым головной мозг и сердце плода обеспечиваются наиболее оксигенированной кровью. Кровь, поступающая в правое предсердие из верхней полой вены, сердечного синуса, правой печеночной вены, а также из нижней половины туловища, идущая в составе нижней полой вены плода, большей частью направляется через трехстворчатый клапан в правый желудочек. Правый желудочек нагнетает ее в легочную артерию, артериальный проток, нисходящий отдел аорты, откуда она поступает в плаценту и тело плода. Поэтому нижняя половина туловища плода кровоснабжается менее оксигенированной кровью по сравнению с верхней половиной туловища плода. По-видимому, разделению потоков крови в грудном отделе нижней полой вены плода и в правом предсердии способствуют высокая скорость кровотока в венозном протоке, наличие в правом предсердии евстахиевой заслонки и ряд других факторов.

Существование у плода двух функциональных потоков крови в нижней полую вену и в сердечных камерах является принципиальной особенностью венозного возврата в сердце плода. Подобная организация фетоплацентарного кровообращения обеспечивает рациональное использование во внутриутробном периоде оксигенированной крови, глюкозы, гормонов, биологически активных веществ. Поток оксигенирован-

ной крови, проходящий по венозному потоку, обеспечивает более высокую степень обменных процессов в головном мозге и в верхней половине туловища плода, что обеспечивает анатомо-функциональную асимметрию организма во внутриутробном периоде.

Развитие венозной циркуляции у плода человека стало предметом исследований только в последние годы. В настоящее время в современной литературе имеется весьма ограниченное количество работ, посвященных данной проблеме.

Целью нашего исследования явилось изучение становления венозной циркуляции в фетоплацентарной системе в течение нормально развивающейся беременности. Для этого методом ультразвуковой доплерометрии с применением цветного доплеровского картирования нами изучено развитие кровотока в вене пуповины, венозном протоке, нижней полой и яремной венах у 162 плодов с 8-й по 40-ю неделю беременности.

Согласно результатам нашего исследования основные изменения кровотока в вене пуповины наблюдаются в течение первого и начале второго триместра беременности. Процесс его формирования включает несколько этапов, которые характеризуются сменой условий циркуляции крови в пупочной вене. При этом процессы становления кровотока в пупочной вене совпадают с периодом формирования низкорезистивных плацентарных сосудов. Так, в первом триместре беременности в пупочной вене определяется пульсирующий кровоток, обусловленный влиянием работы сердца плода (рис.3). В начале второго триместра пульсация в пупочной вене постепенно исчезает. После 16-й недели беременности оксигенированная кровь из плаценты к плоду поступает с постоянной скоростью, что свидетельствует о переходе на качественно новый уровень становления пуповинной циркуляции.

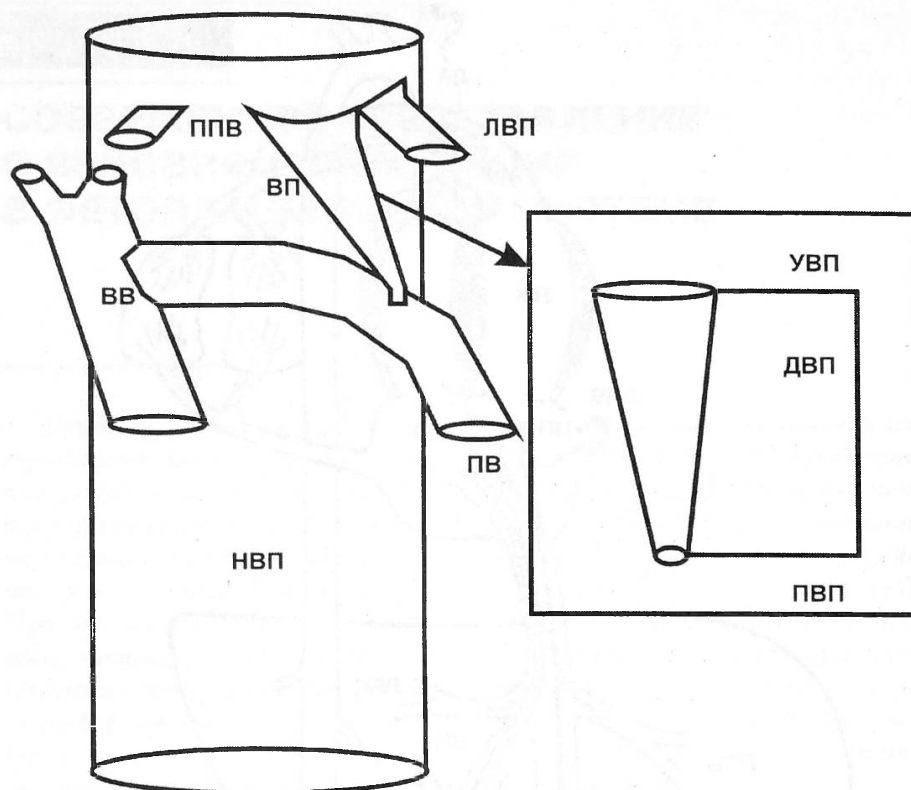


Рис.2. Топография венозного потока

ВП - венозный проток, НВП - нижняя полая вена плода, ПВ - интраабдоминальный участок вены пуповины, ВС - венозный синус, ВВ - воротная вена, ППВ - правая печеночная вена, ЛПВ - левая печеночная вена, ПВП - перешеек венозного протока, УВП - выходное отверстие (устье) венозного протока, ДВП - продольный размер венозного протока.

Постоянный спектр кровотока в пупочной вене является важным критерием стабильности гемодинамических процессов в фетоплацентарной системе во второй половине нормально развивающейся беременности.

Спектр кровотока в нижней полой вене является трехфазным. Фазы спектра кровотока определяются работой сердца плода: I - систолой желудочков, II - периодом их пассивного наполнения в диастолу, III - сокращением предсердий. При этом спектр кровотока включает два компонента - ортоградный, который отражает движение крови к сердцу (I и II фазы), и ретроградный (отрицательный, III фаза), отражающий движение крови от сердца (рис.4). Отрицательный компонент наблюдается у всех плодов в первой половине беременности и у большинства плодов в ее второй половине. Величина ретроградного кровотока со сроком беременности уменьшается, что выражается в снижении со-

ответствующего показателя - удельного веса (процента) ретроградного кровотока (УРК) и свидетельствует о снижении давления в правых отделах сердца плода, куда поступает кровь из нижней полой вены (рис 8).

В отличие от нижней полой вены, спектр кровотока в венозном протоке в течение всей беременности на протяжении сердечного цикла остается ортоградным (направленным к сердцу). Это свидетельствует о том, что поступающая из плаценты кровь направляется в головной мозг плода непрерывно, обеспечивая оптимальные условия его снабжения кислородом и питательными веществами (рис.5).

В исследованиях впервые получены данные о кровотоке в яремной вене у плода, по которой осуществляется отток крови из головного мозга. Выявленные особенности становления оттока венозной крови из ЦНС плода совпадают со сроками активности нейроонтогенеза. Так, I-й этап

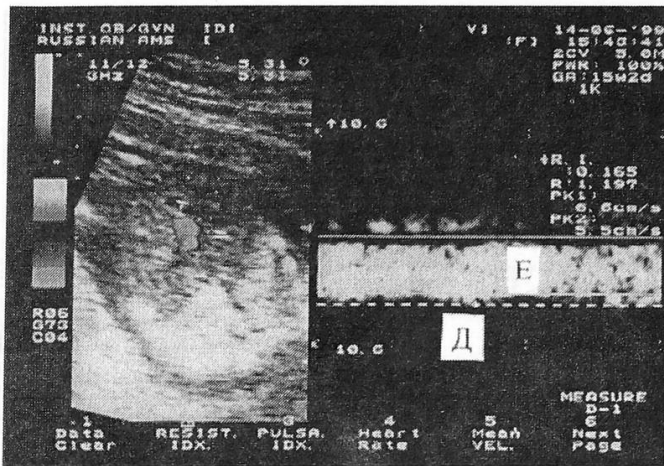


Рис.3. Допплерограмма пульсирующего кровотока в вене пуповины. Д – максимальная скорость кровотока, Е – минимальная скорость кровотока.

становления гемоциркуляции в яремной вене наблюдается до 32-й недели беременности. В этот период в момент сокращения предсердий плода кровь движется от сердца (регистрируется отрицательный компонент кровотока) (рис. 6). После 32-й недели беременности начинается II этап становления кровотока в яремной вене, во время которого кровь из головного мозга плода оттекает непрерывно на протяжении всех фаз сердечного цикла (рис.7).

Полученные данные свидетельствуют об облегченных условиях оттока венозной крови из головного мозга в последние недели беременности, что, по-видимому, является следствием происходящих гемодинамических изменений мозговой циркуляции. В этот период развития начинается интенсивное формирование микрососу-

дов коры и белого вещества головного мозга, наблюдаются быстрые темпы его роста, пролиферация глиальных элементов, разрастание дендритов и синапсов [3]. При этом условия оттока венозной крови из нижней половины туловища плода и из его головного мозга отличаются. Так, на протяжении всей беременности величина ретроградного кровотока в нижней полой вене больше, чем в яремной вене (рис 8). Причем наибольшая разница наблюдалась во втором триместре беременности. В период с 13-й по 16-ю и с 19-й по 24-ю недели беременности величина удельный вес ретроградного кровотока в нижней полой вене ($19,3 \pm 1,16$ и $10,4 \pm 0,89$ соответственно) достоверно выше аналогичного показателя для яремной вены ($6,2 \pm 0,1$ и $5,2 \pm 0,3$ соответственно). По-

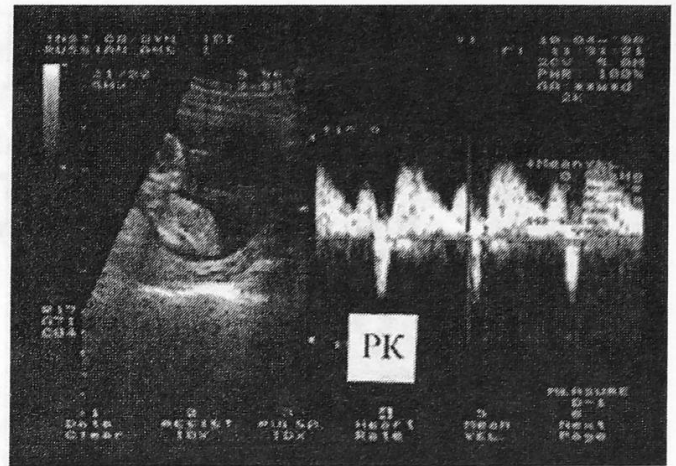


Рис.4. Допплерограмма кровотока в нижней полой вене. PK – ретроградный кровоток.

лученные результаты свидетельствуют о том, что на протяжении внутриутробного развития условия оттока крови из головного мозга плода являются приоритетными. Это наиболее значимо в первой половине беременности, которая характеризуется важнейшими процессами формирования центральной нервной системы, когда происходит быстрое образование нейронов, интенсивная миграция нейробластов к периферии мозга в места постоянного расположения [5]. В этот период скорость роста мозга по отношению к росту тела особенно интенсивна, и головной конец плода составляет значительную часть его длины. По-видимому, интенсивное развитие головного мозга и верхней половины туловища плода в первой половине беременности обеспечи-

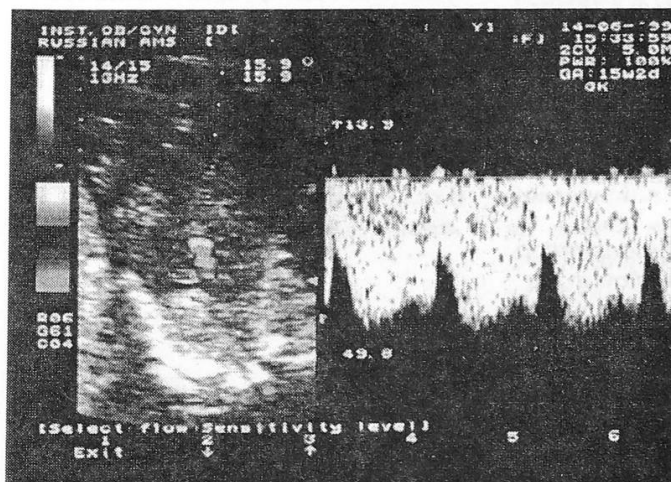


Рис.5. Допплерограмма кровотока в венозном протоке.

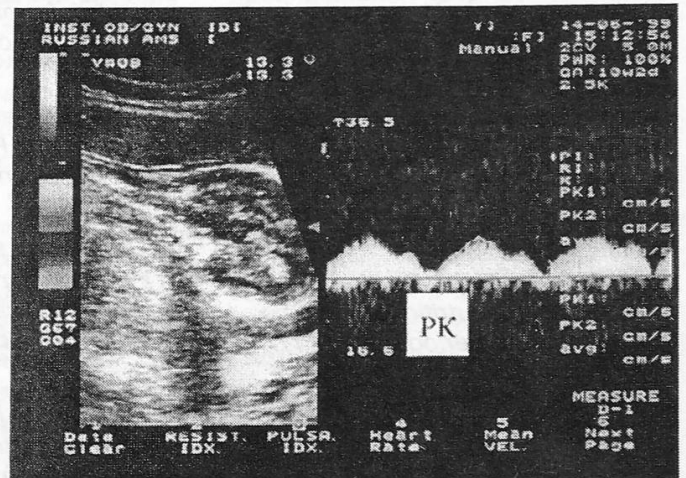


Рис.6. Допплерограмма кровотока в яремной вене у плода при сроке беременности 24 недели. PK – ретроградный кровоток.

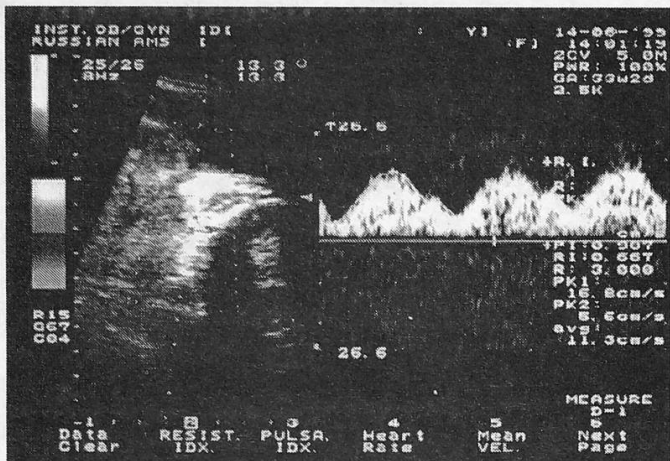


Рис.7. Допплерограмма кровотока в яремной вене у плода при сроке беременности 34 недели. Ретроградный кровоток не регистрируется, кровь направляется только по направлению к сердцу плода.

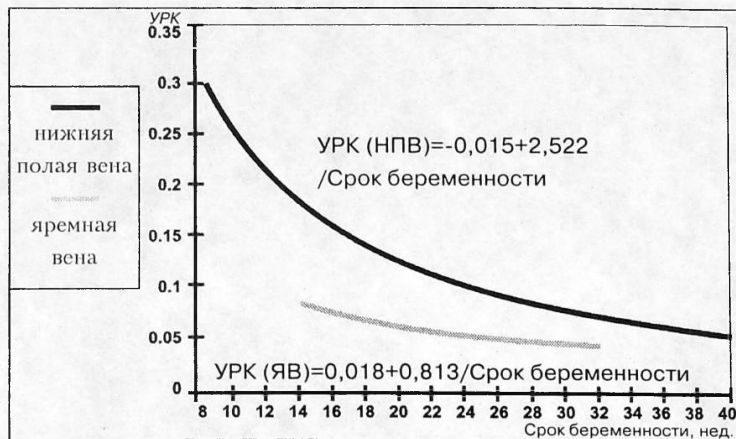


Рис.8. Динамика изменения удельного веса ретроградного кровотока (УРК) в нижней полой (НПВ) и яремной (ЯВ) венах плода в течение беременности.

вается оптимальными условиями кровоснабжения и оттока венозной крови. Таким образом, обнаруженные особенности гемодинамики в яремной вене у плода создают оптимальный режим оттока венозной крови из центральных структур нервной системы плода в условиях его нормального развития.

Выявленные критерии становления венозного кровообращения в фетоплацентарной системе в течение нормального развития плода могут использоваться с целью комплексной оценки его состояния при осложненном течении беременности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гармашева Н.Л., Константинова Н.Н. Патологические основы охраны внутриутробного плода. -Л.: Медицина, 1985.

2. Никитин А.А. Об Аранцевом протоке у детей: Дис. ...доктора медицины. - СПб.: Типография Усманова И., 1901.

3. Barker J.N. Regulation and stunding of cerebral microvasculogenesis by blood flow and endothelial nutrition during the fetal premature period and birth // Fetal and newborn cardiovascular physiology, V.2. Fetal and newborn circulation. NY.: Garland STPM Press, 1978. -P. 135-174.

4. Dikranian K., Troshcheva M., Nicolov S. Nitric oxide synthase (NOS) in the

human umbilical vessels. An immunohistochemical study // Acta Histochem. - 1994. - Vol.96, N.2. - P.145-153.

5. Dobbing J. Vulnerable periods in brain growth and somatic growth. In: The Biology of Human Fetal Growth/ Eds. D. F. Roberts, A. M. Thomson. London, 1976. V.15-P. 137-147.

6. Edelstone D.J., Rudolph A.M. Preferential streaming of ductus venosus blood to the brain and heart in fetal lambs // Am. J. Physiol. - 1979. - Vol. 237. - P. 724-729.

7. Gembruch H. Assessment of the fetal circulatory state in uteroplacental insufficiency by Doppler ultrasound: wich vessels are the most practicable? // Ultrasound Obstet. Gynecol. - 1996. - Vol.8. - P.77-81.

8. Kiserud T. In a different vein: the ductus venosus could yield much valuable information? // Ultrasound Obstet. Gynecol. - 1997-Vol.9-P.369-372.

9. Maternal-Fetal Medicine: Principles and Practice. - Ed. R.K. Creasy, R. Resnik. - Philadelphia, 1989.

10. Potter P.L. In vitro demonstration of inhibition of retrograde flow in the human umbilical vein // Ultrasound Obstet. Gynecol. - 1997. - P. 319-323.

11. Rudolph A.M., Heymann M.A. The circulation of the fetus in utero. Methods for studying distribution of blood flow, cardiac output and organ blood flow // Circ. Res. - 1967. - Vol.

21. - P. 163-184.

12. Sideris E.B., Yokochi K., Xanhelder T., Coceani F., Olley P.M. Effects of indomethacin and prostaglandin E2 in the lamb fetal ductus venosus // Circulation. - 1982. - Vol.66, suppl. 11, 112. - abstr. 446.

13. De Vore G.R. Assessment of venous flow in normal and high-risk fetuses: is the future now? // Prenat. Neonat. Med. - 1996. - Vol.1. -P.329-342.